



②① Aktenzeichen: P 42 34 788.2

②② Anmeldetag: 15. 10. 92

②③ Offenlegungstag: 21. 4. 94

⑦① Anmelder:

Schmid, Dietmar, Prof.Dr.-Ing., 73457 Essingen, DE;
Sichler, Klaus, Dipl.-Ing., 73560 Böbingen, DE

⑦④ Vertreter:

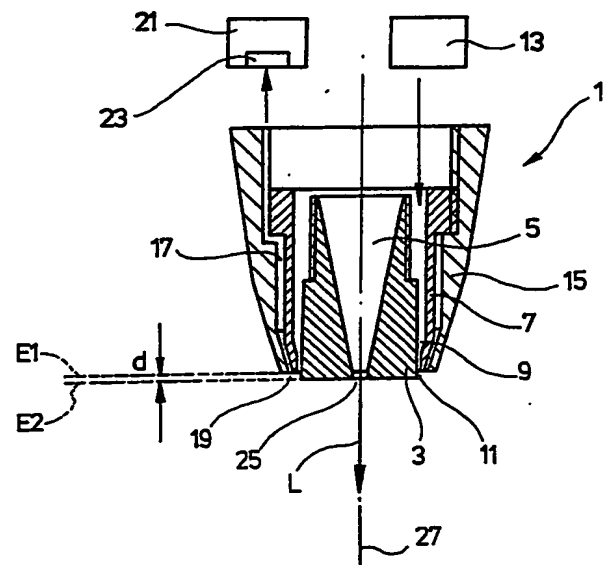
Gleiss, A., Dipl.-Ing.; Große, R., Dipl.-Ing., 70469
Stuttgart; Schneider, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte,
10249 Berlin

⑦② Erfinder:

gleich Anmelder

⑤④ Laserstrahlwerkzeug

⑤⑦ Es wird ein Laserstrahlwerkzeug mit einer den Abstand zwischen Werkzeug und Werkstückoberfläche ermittelnden Meßvorrichtung (21) vorgeschlagen, deren Ausgangssignale einer den Abstand zwischen Werkzeugspitze (1) und Werkstückoberfläche einstellenden Steuervorrichtung zuführbar sind. Das Laserstrahlwerkzeug zeichnet sich dadurch aus, daß die Meßvorrichtung (21) einen pneumatischen Sensor (23) aufweist, mit dessen Hilfe der von einem Gasstrahl bei Annäherung an ein Werkstück bewirkte Staudruck erfaßbar ist.



Die Erfindung betrifft ein Laserstrahlwerkzeug mit einer den Abstand zwischen dem Werkzeug und der Oberfläche eines Werkstückes ermittelnden Meßvorrichtung gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1.

Laserstrahlwerkzeuge können einerseits zum Schneiden oder zum Schweißen verwendet werden, das heißt also, zum Trennen oder zum Verbinden von Werkstücken. Um eine optimale Wirkung des Laserstrahls sicherzustellen, bedarf es einer genauen Einhaltung des Abstandes zwischen Werkzeug und Werkstückoberfläche. Mit dem Laserstrahlwerkzeug wirkt eine Laserstrahl-Fokussiereinrichtung zusammen, die in einem Abstand vor dem Werkzeug den Laserstrahl fokussiert. Aufgabe der Meßvorrichtung ist es, den Abstand zwischen Werkzeug und Werkstückoberfläche so zu ermitteln, daß das Werkzeug derart geführt wird, daß der Fokuspunkt etwa auf der Werkstückoberfläche liegt.

Insbesondere bei der dreidimensionalen Werkstückbearbeitung, beispielsweise beim Schneiden und Schweißen dünner Blechwerkstücke, wie sie im Karosseriebau vorkommen, ist eine exakte Strahlfokussierung und eine genaue Steuerung des Werkzeugs erforderlich, um Lage- und Formtoleranzen einerseits und Bahnabweichungen des Laserstrahlwerkzeugs andererseits mit hoher Dynamik auszugleichen. Das Laserstrahlwerkzeug wird häufig in Verbindung mit sogenannten Industrierobotern eingesetzt, die das Werkzeug halten und bewegen.

Im Zusammenhang mit Laserstrahlwerkzeugen werden bereits kapazitiv wirkende Sensoren eingesetzt, die die Kapazität zwischen Werkzeug und Werkstück erfassen. Anderen Sensorsysteme reagieren auf Veränderungen des elektrischen Feldes zwischen Werkzeug und Werkstück. Änderungen des Feldes bzw. der Kapazität werden von der Meßvorrichtung erfaßt und entsprechende Ausgangssignale an eine Steuervorrichtung abgegeben, mit deren Hilfe der gewünschte Abstand zwischen Werkstück und Werkzeug eingehalten wird. Es treten jedoch Feld- und Kapazitätsänderungen auf, die allein auf der Werkstückgeometrie -beispielsweise auf Ecken, Kanten oder Durchbrechungen- und nicht auf Abstandsänderungen beruhen, so daß stark verfälschte Ausgangssignale der Meßvorrichtung von der Steuervorrichtung falsch ausgewertet werden. Darüber hinaus können Änderungen des Feldes und des Dielektrikums zwischen Werkzeugspitze und Werkstück durch Verdampfung von Fetten und insbesondere durch die Bildung eines Plasmas verändert werden, so daß auch hier falsche Meßsignale die Steuerung negativ beeinflussen können. Schließlich ist festzuhalten, daß kapazitive Sensoren elektrisch leitende Werkstückoberflächen voraussetzen, so daß die Bearbeitung nichtleitender Materialien, beispielsweise von Keramik mit derartigen Sensoren nicht möglich ist.

Es ist überdies bekannt, den Abstand zwischen Werkzeug und Werkstück auf der Basis einer Triangulationsmessung durchzuführen. Insbesondere hier ist meist ein deutlicher Vorlauf zum Wirkpunkt des Laserstrahls erforderlich. Einerseits sind zwar der zeitliche und örtliche Vorhalt bei der Abstandsbestimmung zur schnellen Fokussierung von Vorteil, andererseits führt aber eine derartige Meßmethode bei raschen Richtungsänderungen zu großen Fehlern, die für den praktischen Einsatz derartiger Meßsysteme untragbar sind. Darüber hinaus baut die Sensorik relativ groß, so daß einerseits die Beweglichkeit und andererseits der Anwendungsbe-

reich des Strahlwerkzeugs insofern eingeschränkt wird, als im Bereich enger Winkel die Innenbearbeitung von Werkstücken ausgeschlossen ist.

Es ist demgegenüber Aufgabe der Erfindung, ein Laserstrahlwerkzeug zu schaffen, das allgemein einsetzbar ist, das heißt, unabhängig von dem Werkstückmaterial verwendbar ist. Andererseits soll das Werkzeug so klein bauen, daß auch kleine Werkstücke ohne weiteres zu bearbeiten sind.

Diese Aufgabe wird bei einem Laserstrahlwerkzeug der eingangs genannten Art mit Hilfe der in Anspruch 1 aufgeführten Merkmale gelöst. Die Meßvorrichtung des Laserstrahlwerkzeugs weist einen pneumatischen Sensor auf, mit dessen Hilfe der Staudruck eines auf das zu bearbeitende Werkstück auftreffenden Gasstrahls erfaßt wird. Die Ausgangssignale eines derartigen Sensors sind unabhängig von dem zu bearbeitenden Material. Sie werden außerdem nicht durch die Bildung eines Plasmas beeinträchtigt, das beispielsweise beim Schweißen entstehen kann.

Besonders bevorzugt wird eine Ausführungsform des Laserstrahlwerkzeugs, bei dem ein erster Ringspalt vorgesehen ist, der den das Werkzeug verlassenden Laserstrahl umgibt, und der als Austrittsöffnung für den den Staudruck bewirkenden Gasstrahl dient. Bei einer derartigen Ausgestaltung wird der unmittelbar den Laserstrahl umgebende Werkstückbereich mit einem im wesentlichen ringförmigen Gasstrahl beaufschlagt, so daß unabhängig von Richtungswechsel während der Bearbeitung des Werkstücks ein Abstandsmeßsignal in unmittelbarer Nähe des Laserstrahls bzw. von dessen Fokussierungspunkt erzeugt wird.

Bevorzugt wird weiterhin eine Ausführungsform des Laserstrahlwerkzeugs, bei dem ein zweiter Ringspalt vorgesehen ist, der den Laserstrahl umgibt. Dieser zweite Ringspalt dient als Einlaß für den pneumatischen Sensor, der den im Bereich dieses Spalts auftretenden Staudruck erfaßt. Das Meßsignal wird also ebenfalls in unmittelbarer Umgebung zum Laserstrahl bzw. zum Fokussierungspunkt abgegriffen, so daß unabhängig von Richtungswechseln des Werkzeugs ein Meßsignal vorliegt, wobei überdies ein gewisser Vorhalt sichergestellt wird, da der Staudruck in der Umgebung des Laserstrahls also nicht in dessen Auftreffpunkt erfaßt wird.

Besonders bevorzugt wird eine Ausführungsform des Laserstrahlwerkzeugs, bei dem die beiden Ringspalten konzentrisch zueinander und zu dem das Werkzeug verlassenden Laserstrahl angeordnet sind. Damit ist nämlich ein besonders kompakter Aufbau des Werkzeugs sichergestellt, wodurch sich nicht nur eine Gewichtersparung einstellt, sondern auch die Möglichkeit ergibt, Werkstücke in engen Winkelbereichen zu bearbeiten.

Bevorzugt wird überdies eine Ausführungsform des Laserstrahlwerkzeugs, bei welchen im Bereich der Werkzeugspitze ein Düseneinsatz vorgesehen ist, der mit einem zentralen Durchgangskanal versehen ist, durch den der Laserstrahl hindurchtritt. Den Düseneinsatz umgibt ein erster Mantelkörper, der seinerseits von einem zweiten Mantelkörper umspannt wird. Zwischen den Wandungen des Düseneinsatzes und des ersten Mantelkörpers einerseits und den Wandungen des ersten Mantelkörpers und des zweiten Mantelkörpers andererseits sind Ringspalten ausgebildet, die als Auslaß für den Gasstrom bzw. als Eingang für den pneumatischen Sensor anwendbar sind. Es zeigt sich also, daß der Aufbau des Laserstrahlwerkzeugs sehr kompakt ist und daß die beiden Ringspalten in die Werkzeugspitze integriert werden können, so daß unmittelbar im Wirkbe-

reich des Laserstrahls die Abstandmessung durchführbar ist.

Besonders bevorzugt wird eine Ausführungsform des Laserstrahlwerkzeugs, bei dem die beiden Ringspalten unmittelbar frei im Stirnbereich des Werkzeugs bzw. der Werkzeugspitze münden. Der Gasstrom zur Erzeugung des Staudrucks kann daher völlig ungehindert austreten und frei auf die Werkzeuoberfläche auftreffen. Der Staudruck wird in unmittelbarer Nähe zum Fokussierungspunkt also zum Wirkbereich des Laserstrahlwerkzeugs gemessen, so daß sich eine sehr kleine Fehlerrate einstellt. Da der mit dem pneumatischen Sensor gekoppelte Ringspalt frei in der Umgebung mündet, können bei der Bearbeitung eines Werkstücks auf die Stirnseite des Werkzeugs auftreffende Verunreinigungen schwerlich haften bleiben andererseits gegebenenfalls leicht entfernt werden, so daß eine Beeinträchtigung des Meßsignal auf ein Minimum reduzierbar ist.

Weitere Ausgestaltungen des Laserstrahlwerkzeugs sind in den übrigen Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen Teilbereich eines Laserstrahlwerkzeugs, nämlich durch die Werkzeugspitze und

Fig. 2 eine Unteransicht der in Fig. 1 dargestellten Werkzeugspitze.

Gemäß Fig. 1 weist das Laserstrahlwerkzeug eine Werkzeugspitze 1 auf, durch die der das Werkstück bearbeitende Laserstrahl austreten kann. Dazu ist die Werkzeugspitze mit einem Düsen Einsatz 3 versehen, der einen zentralen Durchgangskanal 5 aufweist, durch den der Laserstrahl von einer hier nicht dargestellten Fokussiereinrichtung kommend auf die Werkstückoberfläche auftreffen kann.

Der Düsen Einsatz 3 wird von einem ersten Mantelkörper 7 umgeben. Die Außenabmessungen des Düsen Einsatzes sind so auf die Innenabmessungen des ersten Mantelkörpers abgestimmt, daß zwischen Außenfläche des Düsen Einsatzes 3 und Innenfläche des ersten Mantelkörpers 7 ein erster Ringraum 9 gebildet wird, der in einem ersten Ringspalt 11 an der Stirnseite der Werkzeugspitze 1 mündet. Der erste Ringraum 9 wird über eine geeignete Gasquelle 13 mit einem unter Druck stehenden Gas beaufschlagt, beispielsweise mit Preßluft oder mit einem inerten Gas.

Der erste Mantelkörper 7 wird von einem zweiten Mantelkörper 15 umgeben, dessen Innenabmessungen so auf die Außenabmessungen des ersten Mantelkörpers abgestimmt sind, daß zwischen den beiden Mantelkörpern ein zweiter Ringraum 17 eingeschlossen ist, der in einen zweiten Ringspalt 19 mündet, der sich an der Stirnseite der Werkzeugspitze 1 öffnet. Der zweite Ringraum 17 ist auf geeignete Weise, beispielsweise über Kanäle in der Werkzeugspitze 1, die sich im übrigen Laserstrahlwerkzeug fortsetzen, mit einer Meßvorrichtung 21 verbunden, die einen pneumatischen Sensor 23 umfaßt.

Bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel münden der erste Ringspalt 11 und der zweite Ringspalt 19 in einer ersten Ebene E1.

Der Durchgangskanal 5 des Düsen Einsatzes 3 mündet ebenfalls in der Stirnseite der Werkzeugspitze 1. Die Öffnung des Durchgangskanals liegt in einer zweiten Ebene E2. Die beiden Ebenen E1 und E2 sind hier im wesentlichen parallel und in einem Abstand d zueinander angeordnet. Die erste Ebene E1 springt gegenüber der zweiten E2 in Richtung der durch einen Pfeil ange-

deuteten Ausbreitung L des Laserstrahls zurück, so daß die Austrittsöffnung 25 für den Laserstrahl näher an der Werkstückoberfläche liegt als die Öffnungen des ersten Ringspalts 11 und des zweiten Ringspalts 19.

Die Werkzeugspitze 1 kann beispielsweise über eine Schraubverbindung mit dem übrigen Laserstrahlwerkzeug verbunden sein. Dabei muß gewährleistet sein, daß der Laserstrahl ungehindert entlang der Mittelachse 27 des Werkzeugs bzw. der Werkzeugspitze 1 verlaufen kann. Die Kanäle zur Verbindung des ersten Ringraums 9 mit der Gasquelle 13 und zur Verbindung des zweiten Ringraums 17 mit der Meßvorrichtung 21 erstrecken sich durch das weitere Laserstrahlwerkzeug, das entsprechende Anschlüsse für die Gasquelle 13 bzw. die Meßvorrichtung 21 aufweisen kann.

Fig. 1 zeigt, daß die Außenwände der Werkzeugspitze 1 konisch ausgebildet sind. Dabei ist der Winkel, den die Außenwände im oberen Bereich der Werkzeugspitze miteinander einschließen, kleiner, als der Winkel, den die Außenwände im unteren Bereich der Werkzeugspitze 1 einschließen. Auf diese Weise ist sichergestellt, daß die Werkzeugspitze sehr klein ausgebildet ist und in sehr engen Werkzeugbereichen einsetzbar ist. Zu den Abmessungen der Werkzeugspitze 1 ist noch zu sagen, daß bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Düsen Einsatz 3 einen Außendurchmesser von 7 mm aufweisen kann, während die Höhe der gesamten Werkzeugspitze gemäß Fig. 1 etwa 17 mm betragen kann. Aus diesen Angaben soll noch einmal der kompakte Aufbau ersichtlich sein. Der Abstand d zwischen der ersten Ebene E1 und der zweiten Ebene E2 kann beispielsweise 0,5 mm betragen.

Die Mündungen der Ringspalten 11 und 19, die gemäß Fig. 1 in einer gemeinsamen Ebene E1 liegen, können auch versetzt zueinander angeordnet sein, wobei der erste Ringspalt 11 näher zur Stirnseite bzw. zur zweiten Ebene E2 mit der Austrittsöffnung 25 angeordnet ist, als der Mündungsbereich des zweiten Ringspalts 19, der also gegenüber der Stirnseite der Werkzeugspitze 1 zurückspringt.

Bei dieser Ausgestaltung ist — wie bei der in Fig. 1 dargestellten — sichergestellt, daß die beiden Ringspalten außen nicht von Wandbereichen der Werkzeugspitze eingeschlossen sind. Die Ringspalten sind mechanisch ausreichend robust, so daß eine äußere Schutzwand entfallen kann. Dadurch baut die mit den Ausblas- und Meßöffnungen versehene Werkzeugspitze sehr klein. Sie ist gegen Verunreinigungen insofern unempfindlich, als sich diese nirgends verfängen und so das Meßergebnis negativ beeinflussen können.

Fig. 2 zeigt eine Unteransicht des Laserstrahlwerkzeugs bzw. der Werkzeugspitze 1. Es ist ersichtlich, daß diese rotationssymmetrisch ausgebildet ist. Die Austrittsöffnung 25 für den Laserstrahl befindet sich im Mittelpunkt der Werkzeugspitze 1. Konzentrisch dazu sind der erste Ringspalt 11 und der zweite Ringspalt 19 angeordnet. Aus der Unteransicht ist deutlich, daß die Breite der Ringspalte sehr klein ist, so daß die Werkzeugspitze 1 insgesamt sehr klein baut.

Zur Funktion des Laserstrahlwerkzeugs ist folgendes festzuhalten:

Im Betrieb des Werkzeugs wird ein von einer hier nicht dargestellten Fokussiereinrichtung fokussierter Strahl entlang der Mittelachse 27 ausgesandt, der durch die Austrittsöffnung 25 an der Stirnseite der Werkzeugspitze 1 austritt und auf das zu bearbeitende Werkstück trifft. Der Fokus des Laserstrahls kann beispielsweise ca. 3 mm vor der Stirnseite des Werkzeugs liegen.

Im Betrieb des Laserstrahlwerkzeugs wird durch die Gasquelle 13 ein Gas in den ersten Ringraum 9 geführt, das durch den ersten Ringspalt 11 austritt. Sobald sich in einem Bereich vor der Werkzeugspitze eine Werkzeugoberfläche befindet, wird — beispielsweise ab einem Abstand zwischen Werkzeugstück und Werkzeugspitze von ca. 5 mm — ein Staudruck aufgebaut, der von dem pneumatischen Sensor 23 der Meßvorrichtung 21 über eine geeignete Wirkverbindung, beispielsweise Kanäle im Inneren des Laserstrahlwerkzeugs und über den zweiten Ringraum 17 erfaßt. Die Druckänderungen wirken über den zweiten Ringspalt 19 in den zweiten Ringraum, und können so von dem Sensor ermittelt werden.

Das aus dem ersten Ringspalt 11 austretende Gas kann frei in Richtung auf das Werkstück austreten, ohne negative Beeinflussung irgendwelcher äußerer Gehäuseteile des Laserstrahlwerkzeugs. Der Gasstrahl kann sich an die äußere Oberfläche des Düseneinsatzes 3 anlegen. Insgesamt entsteht ein ringförmiger Gasstrahl, der in einem Bereich um den auf das Werkstück wirkenden Laserstrahl auf die Werkstückoberfläche auftrifft. Der Staudruck kann ohne irgendwelche negative Beeinflussungen von dem Gehäuse des Laserstrahlwerkzeugs über die frei in der Stirnseite der Werkzeugspitze mündende Öffnung des zweiten Ringspalts 19 erfaßt werden.

Da die beiden Ringspalten 11 und 19 frei in der Stirnseite des Werkzeug münden, können Verunreinigungen, wie sie beim Schneiden oder Schweißen von Werkstücken auftreten, leicht von der Oberfläche der Werkzeugspitze abfallen, so daß eine Beeinträchtigung der Meßergebnisse auf ein Minimum reduziert wird. Im übrigen sind derartige Verunreinigungen leicht zu entfernen.

Durch eine Vergrößerung des Abstandes d zwischen der ersten Ebene E1 und der zweiten Ebene E2 kann quasi eine Abschirmung der beiden Ringspalten erzielt werden. Wenn die erste Ebene E1 weiter zurückspringt, können von dem Auftreffpunkt des Laserstrahls losgerissene Partikelteilchen die Ringspalten nicht mehr treffen, sie gelangen lediglich auf die Stirnseite des Düseneinsatzes 3, wo sie für die Messung des Abstandes keinerlei Nachteile bedeuten.

Die Oberfläche des Düseneinsatzes 3 kann eine besondere Ausgestaltung zur Beeinflussung des aus dem ersten Ringspalts 11 austretenden Gasstroms aufweisen. Beispielsweise ist denkbar, daß in Richtung der Mittelachse 27 verlaufende Rillen oder dergleichen vorgesehen werden, die den Gasstrom lenken, so daß eine stabile Ausgestaltung des Gasstroms sichergestellt ist.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Außenwand des Düseneinsatzes 3 zylindrisch ausgebildet. Auch die Innenwand des ersten Mantelkörpers 7 ist im Bereich des ersten Ringspalts zylindrisch ausgebildet, so daß der aus dem ersten Ringspalt austretende Luftstrahl ebenfalls in etwa zylindrisch ist und konzentrisch zur Mittelachse 27 verläuft.

Demgegenüber sind die den zweiten Ringspalt 19 begrenzenden Wandungen des ersten Mantelkörpers 7 bzw. des zweiten Mantelkörpers 15 so angeordnet, daß sie schräg in Richtung auf die Mittelachse 27 verlaufen und der zweite Ringspalt also in etwa konisch ausgebildet ist. Die Meßwirkung des pneumatischen Sensors 23 ist somit quasi gerichtet. Der Staudruck wird auf diese Weise nahe dem auf der Mittelachse 27 liegenden Fokuspunkt des Laserstrahls gemessen. Äußere Einflüsse können das Meßergebnis somit nur sehr wenig beeinflussen, ohne daß es irgendwelcher äußerer Abschirm- oder Schutzvorrichtungen bedürfte.

Die Außenwand des Düseneinsatzes 3 kann aber auch — anders als hier dargestellt — ebenfalls konisch ausgebildet sein, so daß bei entsprechender Anpassung der Innenwand des ersten Mantelkörpers 7 auch der erste Ringspalt 11 im wesentlichen konisch ausgebildet ist. Der von den den Ringspalt umfassenden Wänden eingeschlossene Winkel hat einen Scheitelpunkt, der unterhalb der Stirnseite der Werkzeugspitze etwa auf der Mittelachse 27 liegt. Der Öffnungswinkel kann in einem Bereich von 20° bis 60° vorzugsweise von etwa 40° liegen. Bei einer derartigen Ausgestaltung der Werkzeugspitze ergibt sich, insbesondere bei einer konischen Ausgestaltung des zweiten Ringspalts 19, ein sehr präziser, enger Meßbereich.

Aus den Erläuterungen zur Funktion des Laserstrahlwerkzeugs ist ersichtlich, daß am ersten Ringspalt 9 auch die Meßvorrichtung 21 angeschlossen sein kann, während am zweiten Ringspalt 19 die Gasquelle 13 liegt. Wesentlich ist in beiden Fällen, daß der zur Erzeugung eines Meßsignals aufgebrachte Gasstrom ringförmig um den Laserstrahl aufgebaut wird, so daß nahe am Arbeitspunkt des Werkzeugs ein Meßsignal gewonnen wird, aus dessen Größe der Abstand zwischen Werkzeug und Werkstückoberfläche ableitbar ist.

Bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform liegt der zur Erzeugung eines Meßsignals erforderliche Gasstrom in unmittelbarer Nähe zum Laserstrahl, so daß auch sehr nahe an Kantenbereichen eines Werkstücks noch ein auswertbares Meßsignal gewonnen werden kann. Je näher der Gasstrahl an den aktiven Laserstrahl herangeführt werden kann, umso näher kann der Laserstrahl auch an der Kante eines Werkstücks eingesetzt werden.

Es zeigt sich nach allem, daß die pneumatische Abstandserfassung unabhängig von den Materialeigenschaften des zu bearbeitenden Werkstücks einsetzbar ist. Die Meßvorrichtung 21 selbst kann in einem Abstand vom Wirkbereich des Laserstrahls angeordnet werden, so daß die thermische Belastung minimiert werden kann. Das hier beschriebene Meßsystem ist unempfindlich gegenüber beim Schweißen entstehendes Plasma. Aus Fig. 1 ist schließlich auch ersichtlich, daß im Bereich der Werkzeugspitze 1 keinerlei Elektronik einzusetzen ist, so daß eine hohe Störungsunempfindlichkeit realisiert werden kann.

Die von der Meßvorrichtung 1 erzeugten Ausgangssignale können an eine Steuervorrichtung weitergeleitet werden, die die Anordnung des Laserstrahlwerkzeugs gegenüber dem Werkstück einstellt und somit den gewünschten Abstand einhält. Sofern eine besonders rasche Nachführung der Werkzeugspitze 1 gewünscht ist, können zwischen dem Laserstrahlwerkzeug und der dieses Werkzeug tragenden Manipulationseinrichtung sogenannte Zusatzachsen eingeschaltet werden, die elektrisch oder hydraulisch arbeiten. Beispielsweise kann zwischen dem sogenannten Handwurzelflansch eines Roboters und dem Strahlwerkzeug eine derartige Zusatzachse vorgesehen werden, die — unabhängig von der Trägheit des Roboters — eine rasche Lageänderung des Strahlwerkzeugs gegenüber dem zu bearbeitenden Werkstück sicherstellt.

Die Verwendung einer hydraulischen Zusatzachse hat gegenüber einer elektrischen Zusatzachse den Vorteil, daß eine wesentlich höhere Energiedichte vorliegt und somit eine schnellere Lageänderung der Werkzeugspitze 1 durchführbar ist. Bei hydraulischen Zusatzachsen liegt die Grenzfrequenz bei ca. 100 Hz und somit über den Eigenfrequenzen der meisten zu bearbeiten-

den Werkstücke. Damit ist es möglich, das Laserstrahlwerkzeug mit der hier beschriebenen Meßvorrichtung nicht nur dem aktuellen — auch räumlichen — Werkstückprofil nachzuführen, sondern auch etwaige Zitterbewegungen des Werkstücks oder des die Laserstrahlvorrichtung haltenden Roboters bzw. Manipulators auszugleichen. 5

Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß das Laserstrahlwerkzeug der hier beschriebenen Art unabhängig von der Laserstrahl-Quelle und damit universell einsetzbar ist. 10

Patentansprüche

1. Laserstrahlwerkzeug mit einer den Abstand zwischen Werkzeug und Werkstückoberfläche ermittelnden Meßvorrichtung, deren Ausgangssignale einer den Abstand zwischen Werkzeugspitze und Werkstückoberfläche einstellenden Steuervorrichtung zuführbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßvorrichtung (21) einen pneumatischen Sensor (23) aufweist, mit dessen Hilfe der von einem Gasstrahl bei Annäherung an ein Werkstück bewirkte Staudruck erfaßbar ist. 15
2. Laserstrahlwerkzeug nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen die Austrittsöffnung (25) des Laserstrahls umgebenden ersten Ringspalt (11), durch den der den Staudruck bewirkende Gasstrahl austritt. 20
3. Laserstrahlwerkzeug nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch einen die Austrittsöffnung (25) des Laserstrahls umgebenden zweiten Ringspalt (19) der mit dem pneumatischen Sensor (23) in Wirkverbindung steht. 25
4. Laserstrahlwerkzeug nach einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Ringspalt (11) und/oder der zweite Ringspalt (19) konzentrisch zueinander und/oder zur Austrittsöffnung (25) angeordnet sind. 30
5. Laserstrahlwerkzeug nach einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser des ersten Ringspalts (11) kleiner ist als der Durchmesser des zweiten Ringspalts (19). 35
6. Laserstrahlwerkzeug nach einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Ringspalt (11) und der zweite Ringspalt (19) in einer gemeinsamen ersten Ebene (E1) angeordnet sind. 40
7. Laserstrahlwerkzeug nach einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Austrittsöffnung (25) in einer zweiten Ebene (E2) angeordnet ist. 45
8. Laserstrahlwerkzeug nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Ebene (E1) und die zweite Ebene (E2) parallel zueinander und senkrecht zur Mittelachse (27) angeordnet sind. 50
9. Laserstrahlwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Ebene (E1) — in Richtung des Strahlaustritts gesehen — gegenüber der zweiten Ebene (E2) zurückversetzt ist. 55
10. Laserstrahlwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Werkzeugspitze (1) mit einem vorzugsweise rotationssymmetrischen Düsen-einsatz (3), der einen von dem Laserstrahl durchdrungenen zentralen Durchgangskanal (5) aufweist. 60
11. Laserstrahlwerkzeug nach Anspruch 10, ge-

kennzeichnet durch einen vorzugsweise rotationssymmetrisch ausgebildeten ersten Mantelkörper (7), der den Düsen-einsatz (3) umgibt und dessen Innenwand zur Ausbildung des ersten Ringspalts (11) in einem Abstand zur Außenwand des Düsen-einsatzes (3) angeordnet ist.

12. Laserstrahlwerkzeug nach Anspruch 10 oder 11, gekennzeichnet durch einen vorzugsweise rotationssymmetrisch ausgebildeten zweiten Mantelkörper (15), der den ersten Mantelkörper (7) umgibt und dessen Innenwand zur Ausbildung des zweiten Ringspalts (19) in einem Abstand zur Außenwand des ersten Mantelkörpers (7) angeordnet ist.

13. Laserstrahlwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Ringspalt (11) und der zweite Ringspalt (19) unmittelbar im Stirnbereich des Werkzeugs bzw. der Werkzeugspitze (1) münden.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 2

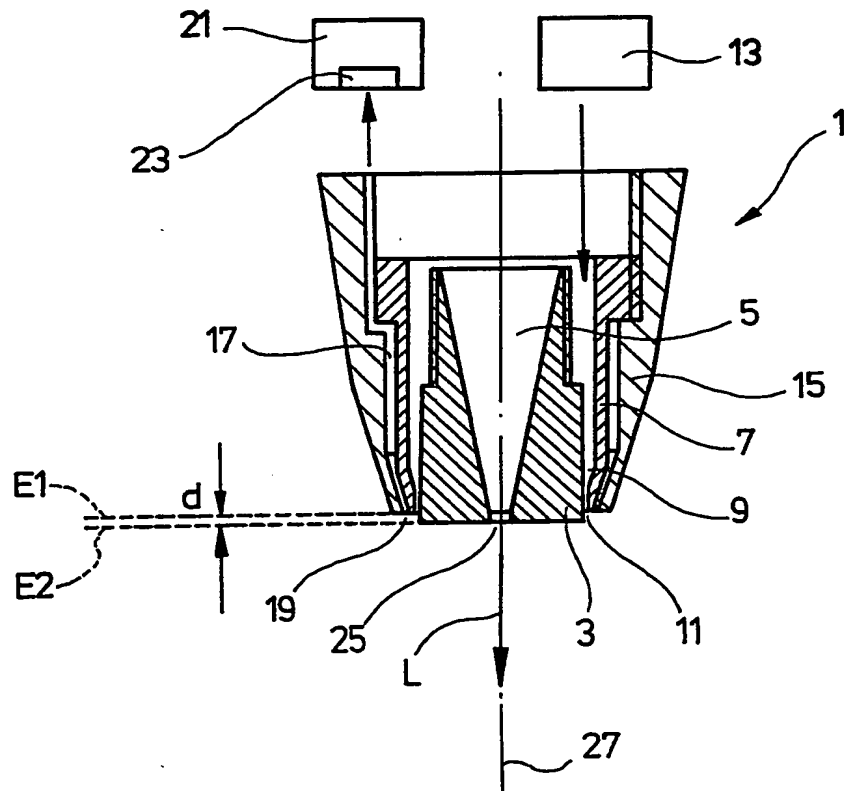
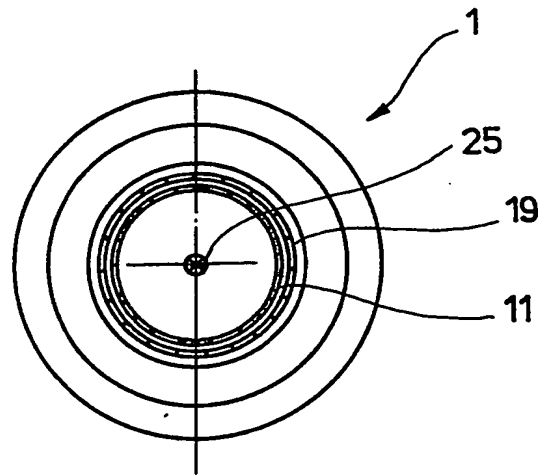


Fig. 1